

モンシロチョウの分布様式に関する研究

著者	小林 四郎
号	122
発行年	1966
URL	http://hdl.handle.net/10097/23280

氏名・（本籍）	こ　　はやし　　し　　ろう 小　　林　　四　　郎
学　位　の　種　類	理　　学　　博　　士
学　位　記　番　号	理　　第　　1　　2　　2　　号
学位授与年月日	昭和41年7月20日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最　終　学　歴	昭和28年3月 東北大学理学部生物学教室卒業
学位論文題目	モンシロチョウの分布様式に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 加　藤　陸奥雄　教授 元　村　　勲 教授 青　木　　廉

論　文　目　次

- (1957) Studies on the distribution structure of the common cabbage butterfly, *Pieris rapae* in a cabbage farm. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 4 (Biol.) 23 : 1-6
- (1960 a) キャベツ畑におけるモンシロチョウ卵の分布様式とその集中傾向に関係する要因について. 日生態会誌 10 : 154-160
- (1961) 不規則に植えられたキャベツ苗床におけるモンシロチョウ卵の分布. Ibid. 11 : 165-166.
- (1965 a) モンシロチョウの産卵部位に及ぼす成虫密度の影響. Ibid. 15 : 35-38
- (1965 b) Influence of parental density on the distribution pattern of eggs in the common cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora*. Res. Popul. Ecol. 7 : 109-117
- (In press) Process generating the distribution pattern of eggs of the common cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora*. Ibid. 8
- (1960 b) キャベツ畑におけるモンシロチョウ幼虫の分布様式の時間的変化とその機構. 日生態会誌 10 : 233-238.
- (1963 b) Dispersive behaviour of larvae of the common cabbage butterfly *Pieris rapae crucivora*. Res. Popul. Ecol. 5 : 102-106
- (1963 a) キャベツ株内におけるモンシロチョウの葉位別分布, 日生態会誌 13 : 226-230

論 文 内 容 要 旨

- 1 自然環境下における動物の分布は一般に集中傾向を示すことが知られている。このような集中分布が形成される理由としては、棲息空間の環境条件や宿主植物の異質性などの外的要因と、動物個体間の相互誘引性や生殖行動などの内的要因とが考えられるが、従来の研究においては、分布様式の形成に関与するこれらの生態的諸要因に対してほとんど注意がむけられていない。

キャベツ畑におけるモンシロチョウ個体群の空間分布を株当たり個体数の頻度分布および空間構造の両面から調査した結果、卵の頻度分布は一般に集中的であり、分布型の数学的モデルの一つとしてのポレア・エゲンベルガー分布（負の二項分布）に良く一致するが、幼虫では成長に伴って機会分布の方向へ変化する傾向がある。更に空間構造は卵・幼虫共に偏在傾向を示し、集中部分は季節によって異なった位置に現れることが認められた（1957）。この研究は本種の空間分布に認められるこのような構造を解析し、その形成と変化との機構を明らかにすることを目的として行なわれた。

- 2 成長に伴う分布様式の変化系列の出発点として卵の空間分布の重要性に注目し、その集中傾向に関与する外的要因、即ち産卵対象となる個々の株の異質性および畑内の環境条件の部分的な不均一性を検討した結果、一般に産卵数は葉数の異なる株の間で有意な差異を示さず、毎日の産卵で現われる集中産卵部分の位置は機会的に変化することが認められた。このことから、産卵の偏在は畑内の環境条件の部分的な差異よりもむしろ成虫の産卵行動に起因することが暗示される。しかし未孵化卵は正の相関関係をもって数日間累積されるため、観察される卵数の頻度分布は毎日の産卵数のそれよりも集中度が高くなる傾向がある（1960 a）。株間の異質性については、栽培条件の異なる場で産卵分布を調査した結果、一定面積を標本抽出単位とした場合の頻度分布が各単位区画に含まれる株数の差異に拘らず同じであることから、卵の分布様式に対して影響をもたないことが確かめられた（1961）。

これらの結果に基いて、分布様式の形成に関与する内的要因を検討するために、網室の中に栽培したキャベツに異なった密度で成虫を放飼して得られた産卵分布とキャベツ畑での観察結果とを比較した。成虫密度が低い場合には畑の周辺に位置する株への産卵数は内側の株よりも多く、また内側の株間でもその分布構造はかなり不均質であるが、成虫密度が増加するにつれて産卵部位の空間的な偏在性は減少する。更に株内の産卵部位についても、成虫密度が高くなる程産卵される葉位は拡大され、低い成虫密度ではあまり利用されない葉の表側への産卵率も増加する。これらのことから、分布様式が季節と共に変化する現象は時期によって著しく異なる羽化成虫数にも関係することが考えられる（1965 a）。

卵の分布様式と成虫密度との関係は網室での観察結果を頻度分布と空間構造の上から解析することによって明らかとなった。成虫密度が低い場合、株当たり産卵数の頻度分布は機会分布から著

しく集中度の高い分布までにわたって変異する。しかしその空間構造は常に偏在的であり、分布様式は頻度分布又は空間構造のいずれかの点で集中度が高いと言える。他方成虫密度が高い場合、頻度分布は常に集中的となるが、その程度は成虫密度の増加に伴って低下し、空間構造も機会的の方向へ近づく傾向を示した。これらのことから、卵の分布様式は成虫密度の増加に伴って集中の程度が低下すると結論される（1965 b）。

株当たり卵数の頻度分布が多くの場合負の二項分布に良く適合する事実に基いて、その発生過程の生物学的根拠を解明するために、網室内に放飼した成虫の産卵行動を観察した。環境条件が比較的均質な場では、個々の株への成虫の飛来は機会的であり、1回の飛来で産附する卵数は対数級数分布に従って変異することが認められた。即ち成虫が1回の飛来で産附する卵を一つのコロニーと考えれば、卵の空間分布はこれらコロニーが機会的に分布する場合とみなすことができる。これは負の二項分布の数学的発生過程の一つと一致している。1回当たり産卵数が対数級数分布に従って変異する事実は、本種の産卵習性が単一産卵性と卵塊産卵性との中間に位置することを示し、これが卵分布の集中性に関与する最も大きな内的要因であると考えられる。また成虫密度が高くなれば成虫が株に飛来する頻度も増加し、上述の発生過程でコロニーの数が増加する場合に相当する。観察結果によれば、成虫が1回の飛来で産附する平均卵数、即ちコロニー当りの平均卵数は成虫密度が異なっても変化しない。従って卵の頻度分布の集中度は成虫の飛来頻度、即ち成虫密度のみに依存して変化すると言える。このことはまだ個々の成虫の産卵が全く独立に行なわれることを示しており、外部環境が均一な場においては成虫の産卵行動に対して密度効果が働くことはなく、むしろこの密度独立的な産卵行動が成虫密度の増加に伴う集中度の低下を起させる主因となっているように思われる。従来報告された本種の産卵分布についてこれらの点を検討した結果、この発生過程が広範に適用できることを認めた。

- 3 幼虫の分布は先行する卵の分布様式をもとにして、これに孵化率、死亡率、成長速度および移動が関与して決定される。同じキャベツ畑で連続的に卵と幼虫の空間分布を調査し、標識法によって個体識別を行なった結果、孵化率は産卵密度の異なる株の間で有意な差がなかった。どの株でも等しい割合で機会的に孵化が起ると仮定して推定した孵化卵数の頻度分布は観察値と良い一致を示し、このような確率過程によって分布の集中度は低下することが認められた。幼虫の死亡の起り方も棲息密度に対して有意な関係をもたないが、時として多少密度に逆依存の関係を示す場合がある。従って幼虫の分布が成長に伴って次第に機会的な方向へ近づく機構は、主として孵化の場合と同様な確率過程に基くものであって、死亡の起り方はむしろ分布の機会化を抑制する方向に作用すると考えられる。幼虫各令期の経過に要する日数も棲息密度の異なる株の間で有意な差はなかった。株間の移動は中令期以降の幼虫で明らかに認められ、これが幼虫分布の空間構造を機会的な方向へ導く一つの要因となることが暗示されたが、移動の大部分は隣接する株の間に限られ、従って移動による分布の集中度の低下には一定の限界があると思われる。調査した限りでは、幼虫の大部分は圃場から脱出して蛹化し、従って蛹の分布様式には終令幼虫の死亡に加え

てこの圃場外への移動が大きく関係している（1960 b）

上記の結果は幼虫の株間移動が分散的であることを暗示しているが、幼虫自身に集合性が全くないかどうか確かめる必要がある。更に密度条件が異なった場合幼虫の行動が変化する可能性もある。これらの点を明らかにするために、異なった密度条件下で飼育した幼虫を対照として、キャベツ畑から採集した幼虫の分散行動を室内で実験的に検討した。はじめ機会的に分布させた場合、野外で成長した幼虫は、室内で単独飼育したものと同じく、時間が経過しても機会分布の状態を持続し、はじめ集中的に分布させた場合は、両者共に1時間後には急激な集中度の低下を示した。しかし室内で集合飼育した終令幼虫は他と比較して分散速度が緩慢となり、明らかに集合傾向をもつことが認められた。これらの事実は成長過程の密度条件が幼虫の分散行動に影響することを示し、野外においても棲息密度の差異は幼虫の行動を通じて分布様式を変化させる一つの要因となるように思われる（1963 b）。

キャベツの1株を単位区画として抽出された分布様式の解析に加えて、更に空間分布のより微細な構造を明らかにし、あわせて株内での移動の起り方を検討するために、卵と幼虫の個体数をキャベツ畑で葉位別に調査した。産卵は主として中位以上の葉層に行なわれ、これらの葉層での頻度分布は集中的であった。孵化後の幼虫は成長に伴って次第に上位の葉層へ向って移動し、この葉位間の移動は主として幼虫が若葉を選好して摂食することに基いている。これら上位の葉層へ移動した個体の分布は常に機会的となり、中位の葉層にとどまる個体の分布は集中的であった。即ち棲息密度の低い株では若葉層へ移動する個体の割合が大きく、密度の高い株では中位の葉層にとどまる個体の割合が大きい。また成長の進んだ幼虫では低密度の葉層で高い集中傾向が認められることから、生活環境に著しく影響する程の高密度でない限り、幼虫は集合を解消するような行動を行わず、むしろ或る程度の集合を保つ傾向があると考えられる（1963 a）。

論文内容結果の要旨

小林四郎提出の学位論文はモンシロチョウの分布様式に関する研究と題するもので既に公表済又は公表予定の英文論文である。

一般に動物の分布は自然環境下では集中傾向を示すことが多いが、従来は分布様式そのものの研究に止まり、その形成に関与する生態的諸要因についてはあまり注意がむけられなかった。

小林はキャベツ畑における株当たり卵の数の頻度分布は一般に集中的であるが、幼虫では成長に伴い機会分布の方向へ変化する傾向があること、空間構造については卵、幼虫共に偏在傾向があり、集中分布は季節により位置は一定しないことを明らかにしたが、更にこれらの因果解析を行った。

産卵数は葉数が異なる株の間で差がなく毎日の産卵の集中部位は機会的に変化することから、産卵の偏在は成虫の産卵行動そのものに起因するとした。

そこで分布様式に関与する成虫行動の内的要因の検討を行ったが、成虫密度が低い場合の卵の空間的偏在性が密度の増加に従い減少することから分布様式には羽化する成虫の密度にも関係することを認めた。

株当たり卵数の頻度分布がポレア・エゲンベルガー分布（負の二項分布）によく適合することを生物学的に解明するために網室内で成虫の産卵行動を観察した。

環境条件が均質な場では成虫の飛来は機会的であるが、産卵は単一産卵と卵塊産卵の中間を示し、一回の飛来で産みつける卵数は対数級数分布に従って変異する。このことが産卵分布の集中性に関与する最も大きな内的要因といえる。また成虫の産卵行動には密度効果が働くことはないので成虫密度の増加に伴って集中度は低下していくことになる。

さて、卵の孵化率は産卵密度に無関係で、どの株でも等しい割合で機会的に孵化がおけると仮定した孵化卵数の頻度分布はよく観察と一致した。このような過程で分布の集中度は低下する。幼虫死亡も生息密度に関係をもたない。中令期以後の幼虫では株間の移動があるので空間構造を機会的方向に導く要因となっている。

この幼虫の分散行動について飼育実験を行ったところ集合飼育の場合には分散速度がにぶり集合傾向をもつことをみとめ、更に野外における観察からもそのことがたしかめられた。すなわち、生息密度の差異は幼虫の行動を通じて分布様式に関与するといえる。

以上小林四郎の論文内容の概要をのべたが、昆虫類の分布様式をその生活行動との関連において追求した点は注目すべきであって、昆虫個体群生態学に寄与するところが多い。

参考論文には薬剤散布に伴う個体群構造の変動の解析や昆虫の食害による植物の生長変動の解析等の研究を含み小林の学識の広いことを示している。

よって小林四郎の学位論文は理学博士の学位論文として合格と認めた。